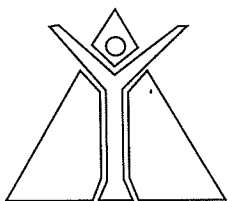


**EL BUEN Y MAL USO DE LA  
CIENCIA EN LAS POLITICAS  
AMBIENTALES**

**Editado por: Ana Luisa Covarrubias**

**SERIE INFORME  
MEDIO AMBIENTE  
Nº 1**



**JULIO 1997**

**LIBERTAD Y DESARROLLO**

# EL BUEN Y MAL USO DE LA CIENCIA EN LAS POLITICAS AMBIENTALES

*Uno de los mayores problemas a que nos vemos enfrentados hoy día en materias ambientales, es que las políticas respectivas no siguen a la ciencia. Esto se hace evidente en temas como el calentamiento global del planeta y el adelgazamiento de la capa de ozono, ambos fenómenos independientes entre sí, excepto porque afectan la misma atmósfera, acerca de lo cual los medios de comunicación nos bombardean con noticias alarmantes de fin de mundo.*

*Muchos científicos creen que no hay evidencia para asegurar la existencia de un calentamiento global antropogénico y no consideran confiables los modelos que predicen cambios climáticos para predecir calentamiento global.*

*Para muchos, el problema de los clorofluorocarbonos, CFC, y el ozono es aún un tema controversial. Algunos argumentan que el océano y los volcanes emiten 100.000 veces más cloruros que los CFC a la atmósfera. Los que se oponen a esta posición dicen que estas emisiones desaparecen con la lluvia, llegando a la atmósfera menos de 1 parte por cada 10.000.*

*Fred Singer, destacado científico norteamericano, consejero del Programa de Medio Ambiente de Libertad y Desarrollo ha estudiado los temas globales enunciados anteriormente. Singer fue quien diseñó los instrumentos actualmente utilizados en los satélites para medir ozono.*

*A continuación resumimos sus estudios y pensamiento acerca del calentamiento global del planeta y el adelgazamiento de la capa de ozono.*



## RESUMEN EJECUTIVO

Uno de los mayores problemas a que nos vemos enfrentados hoy en el tema del medio ambiente es que las políticas no siguen a la ciencia. Esto se hace evidente en temas como el calentamiento global del planeta y el adelgazamiento de la capa de ozono, ambos fenómenos independientes entre sí, excepto porque afectan la misma atmósfera, acerca de lo cual los medios de comunicación nos bombardean con noticias alarmantes de fin de mundo.

El profesor Fred Singer, consejero del Programa de Medio Ambiente de Libertad y Desarrollo, ha estudiado ambos fenómenos. A continuación presentamos los resultados de sus estudios.

### 1. EL CALENTAMIENTO GLOBAL DEL PLANETA

Muchos científicos creen que no hay evidencia para asegurar la existencia de un calentamiento global antropogénico y no consideran confiables los modelos que predicen cambios climáticos para predecir un calentamiento global.

Los datos más confiables que dan cuenta de la temperatura terrestre, aquellos de los satélites del tiempo, muestran una tendencia global de  $-0,05^{\circ}\text{C}$  por década. Es decir, existe enfriamiento, no calentamiento.

El efecto invernadero, fenómeno que se produce en forma natural, sin el cual la tierra sería un planeta congelado y sin vida, se debe a la existencia de gases tales como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano, óxido nitroso, clorofluorocarbonos (CFC), dióxido de azufre y vapor de agua -el gas invernadero más efectivo-, entre otros. Sin embargo, sólo se ha intentado controlar las emisiones de  $\text{CO}_2$ , situación que dio lugar a que 155 países firmaran el Protocolo de Montreal.

Mientras el aumento de  $\text{CO}_2$  parece estar correlacionado con el uso de combustibles fósiles, el uso de la tierra, incluyendo deforestación y quema de biomasa, continúa siendo una contribución importante, aunque difícil de cuantificar.

En cuanto a los modelos computacionales que predicen los aumentos de temperatura en función de los niveles de  $\text{CO}_2$ , éstos no son capaces de explicar las variaciones de temperatura de los últimos 100 años. Al contrario, si la experiencia de los últimos 130 años en calentamiento se debiera al efecto invernadero, el aumento de la temperatura, correspondiente a la duplicación de las emisiones de  $\text{CO}_2$ , sería de menos de  $1^{\circ}\text{C}$ , en vez de  $2,5^{\circ}\text{C}$ , como señala un informe de las Naciones Unidas.

Claramente, la física del calentamiento global aún no se completa y se requerirá de mucho esfuerzo para hacerla concordar con las observaciones, por lo que sería inapropiado confiar en sus predicciones para formular políticas para el control del  $\text{CO}_2$ .

Sin embargo, si efectivamente estuviéramos frente a un fenómeno

de calentamiento, supongamos de 1°C en el próximo siglo, producto del aumento de los niveles de CO<sub>2</sub>, esto se produciría mayormente en altas latitudes y en invierno.

Los expertos en agricultura esperan que con un aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico las plantas crecerán más rápido y necesitarán menos agua para ello. El aumento de temperaturas en horas de la noche dará lugar a estaciones más largas para el crecimiento y menores heladas. El aumento de las precipitaciones globales debería también beneficiar el crecimiento de las plantas.

Por último, en cuanto al aumento del nivel del mar, los satélites han entregado resultados sorprendentes. Las capas de hielo en Groenlandia han aumentado su espesor, ha habido un aumento neto de hielo almacenado en la criósfera y se ha inferido una disminución en el nivel del mar. Es muy importante verificar estos resultados, mediante otras técnicas y también recolectar mayores datos en los cambios de nivel del mar.

Resumiendo la evidencia disponible, podemos concluir que aun si ocurriera un calentamiento significativo en el próximo siglo, el impacto neto en el planeta podría ser beneficioso, con algunas regiones gozando de mejor clima y otras de peor. Esto sería aún más cierto si la tan anticipada edad de hielo estuviera en camino.

Mientras no se diluciden las dudas respecto a si la tierra se está calentando o enfriando, podemos aplicar políticas de conservación de energía y mejoramiento en la eficiencia en su uso, búsqueda de fuentes de energía alternativa no fósil para acercarnos al problema con acciones que tengan sentido, incluso si el efecto invernadero no existiera.

Otras alternativas, distintas a las restricciones en el consumo de la energía, que pueden ser usadas para disminuir su concentración en la atmósfera. La expansión natural de los bosques boreales, aquellos en regiones de altas latitudes en un clima que se va calentando, absorbería el CO<sub>2</sub> atmosférico, emitiendo oxígeno a la atmósfera, o bien fertilizar el mar con sulfato de fierro, para producir plancton, el que además de absorber CO<sub>2</sub>, es alimento para peces. De esta manera, este proyecto se puede transformar en un negocio para la industria pesquera.

## **2. EL ADELGAZAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO**

El problema de la capa de ozono comenzó hace 20 años con la cancelación de un programa para construir dos prototipos de transporte supersónico (TSS) que iban a ser probados en la estratósfera, ya que esto podría tener algún efecto en el contenido de ozono de la alta atmósfera. El hecho de que una reducción en el ozono aumentaría la radiación ultravioleta hacia la superficie terrestre, con el consiguiente incremento en los riesgos de contraer cáncer a la piel, gatilló todo tipo de acciones para proteger la capa de ozono.

Las primeras estimaciones sugerían que alrededor del 70% del ozono sería destruido por una flota de 500 aviones supersónicos. Tiempo después se descubrió que debido a la existencia de otras fuentes, los

efectos del TSS no habrían superado el 10%. Luego, las mediciones de laboratorio mejoraron y para 1978 se había determinado que el TSS tenía un efecto positivo, ya que aumentaría el nivel de ozono. Después de 1980, el efecto se volvió levemente negativo, para luego ser olvidado y centrada la atención en los efectos de los clorofluorocarbonos (CFC). La teoría actual predice que los gases emitidos por los aviones actúan anulando los efectos destructivos de los CFC en la capa de ozono. Pero, esto es sólo teoría, y podría sufrir cambios.

A raíz de la larga vida de los CFC, y su percolación hacia la estratosfera, en 1975 se adoptaron restricciones voluntarias a su uso en latas con spray. En 1978, algunos países desarrollados habían prohibido su uso en todas las aplicaciones de aerosoles, siendo reemplazados por gases bajo alta presión o butano y propano, gases inflamables. Se eliminó un riesgo y se introdujo otro. Las otras aplicaciones de CFC (refrigeración, aire acondicionado, sopladores de espumas plásticas, etc.) no podían reemplazarse fácilmente, ya que aún no existían sustitutos.

En 1980, se predijo la destrucción del 18% del ozono estratosférico, basado en un cierto escenario estándar de CFC. Ya en 1982, la destrucción había descendido a un 7% y en 1984 a niveles que varían entre 2% y 4%.

Gran parte de esta reducción se debió al descubrimiento de efectos contrarios producidos por otros contaminantes: metano, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono. De esta manera, al emitir estos gases contaminantes a la atmósfera, estamos aumentando el calentamiento global por el efecto invernadero, mientras reducimos la destrucción del ozono.

En 1980, un grupo de científicos ingleses descubrió que, a partir de 1975, cada primavera en octubre se producía una declinación en la cantidad de ozono estratosférico en la Antártica, fenómeno nunca predicho por los modelos teóricos. Esta declinación dura unas cuantas semanas y luego la capa se recupera.

El mecanismo exacto por el cual se produce el agujero aún no se conoce y tampoco es posible hacer predicciones precisas acerca de qué pasará en el futuro. Existe consenso en que el efecto es producido por átomos clorados (CFC), cuya fuente es antropogénica, pero sólo pueden actuar en presencia de partículas de hielo, formadas cuando la estratosfera se torna extremadamente fría. De esta manera, el agujero en la capa de ozono sobre la antártica es controlado por factores climatológicos. Aparte de la temperatura de la estratosfera, dependiendo de la temperatura de la estratosfera.

Para muchos, el problema de los CFC y el ozono es aún un tema controversial. Algunos argumentan que el océano y los volcanes emiten 100.000 veces más cloruros que los CFC a la atmósfera, y están en lo cierto. Los que se oponen a esta posición dicen que estas emisiones desaparecen con la lluvia, llegando a la atmósfera menos de 1 parte por cada 10.000. Esta tasa de supervivencia se basa en cálculos matemáticos, los mismos que no han podido calcular con esa exactitud las precipitaciones.

Existen otros efectos relacionados a las variaciones de los ciclos solares, que también pueden ser responsables de una declinación en los

niveles de ozono, lo que sugiere que debe haber habido variaciones sustanciales en el nivel de ozono en el pasado. Sería interesante investigar los registros históricos para ver si dan cuenta de consecuencias biológicas en humanos, agricultura o vida marina causada por los bajos niveles de ozono que se observaron alrededor del año 1700.

En cuanto a la preocupación por el cáncer a la piel, no se ha observado ninguna correlación entre las variaciones de la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre y el aumento de cerca de un 800% en las tasas de cáncer a la piel (melanomas), desde 1935, fecha desde la cual se dispone de estadísticas. Sí se ha encontrado una correlación entre la intensidad de la radiación UV-B y tumores benignos a la piel.

Por otra parte, la radiación UV-B varía en forma natural en un cinco mil por ciento entre los polos y el Ecuador, principalmente por el ángulo en que los rayos solares alcanzan la superficie terrestre. Es así como una disminución del 5% del ozono estratosférico, calculado para algunos de los escenarios más pesimistas, aumenta la intensidad de las radiaciones UV en la misma medida que lo hace moverse 90 kilómetros hacia el Ecuador (es decir de Rancagua a Santiago, Puerto Montt a Osorno o Concepción a Chillán). Un aumento de 300 metros de altura producirá los mismos resultados.

Las consecuencias económicas de la eliminación de los CFC parecen ser bastante severas. Las mejores estimaciones indican que esto tendrá un costo cercano a US\$ 250 billones a nivel mundial. El costo de modificar los equipos de aire acondicionado en automóviles se estima entre US\$ 300 y US\$ 600. La prohibición de los CFC involucrará sólo en Estados Unidos a 100 millones de refrigeradores caseros, aires acondicionados de 90 millones de automóviles y las centrales de aire acondicionado de 100.000 edificios.

El bromo es otra sustancia que se cree destruye el ozono. Los compuestos bromados, tales como los halones, son usados en extintores de incendios. De acuerdo a la Administración Federal de Aviación no existen sustitutos para aplicaciones aeronáuticas. Por otra parte, el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos advierte que sin el bromuro de metilo, único fungicida actualmente disponible, no será posible controlar plagas en tierras agrícolas y en cosechas para exportación. Sin embargo, la EPA propuso que se prohibiera la producción de halón a contar de 1995 y de bromuro de metilo para el año 2000.

Nuevamente, advertimos poca preocupación por la ciencia. La fuente principal de bromuro de metilo atmosférico es el océano. Además, su tiempo de vida en la atmósfera es sólo de un año, contrario a los CFC que pueden sobrevivir por cientos de años. Mientras las decisiones acerca de los CFC pueden tener consecuencias de largo plazo; las decisiones acerca del bromuro de metilo tendrán consecuencias inmediatas. Si se detecta un problema en relación a este último compuesto y se prohíbe su producción, su efecto se podrá controlar en un año. Finalmente y lo más importante, no hay ninguna evidencia de un aumento de bromo en la atmósfera en el tiempo. De esta manera, todas las políticas en relación a este compuesto, están basadas enteramente en especulaciones.

## I. INTRODUCCION.

Es muy importante para el diseño de políticas medio ambientales hacer buen uso de la ciencia. Tomando en cuenta la trascendencia que estas políticas han cobrado en los últimos tiempos, se ha hecho esencial gastar este dinero en forma inteligente, dirigirlo a riesgos y problemas medio ambientales reales, más que a riesgos y problemas fantasmas.

La única manera de distinguir entre riesgos reales y fantasmas es a través del uso de la ciencia. Si esto no se hace, es imposible determinar si sustancias como el radón, asbestos o varios compuestos químicos son o no una amenaza para la salud de la población y cuáles son los niveles de exposición permisibles.

La ciencia juega un papel de primer orden para ayudar a tomar decisiones eficientes en la distribución de los recursos siempre escasos. ¡Hay tantas demandas de la sociedad para estos recursos: mejorar la salud, la educación o la seguridad ciudadana! Todo ello requiere de dinero, y los presupuestos son siempre limitados. De ahí lo imprescindible de no malgastarlo.

Es necesario dedicar tiempo y esfuerzo para educar al público, a los medios de comunicación, a las personas que toman las decisiones, etc., sobre la ciencia en la cual se deberán basar las decisiones en relación a políticas medio ambientales.

Uno de los mayores problemas a que nos vemos enfrentados hoy en día, es que la política no sigue a la ciencia. La ciencia puede cambiar, incluso revertir sus resultados, pero la política sigue adelante, como si nada hubiera cambiado.

Esto se hace evidente en temas como los cambios climáticos - calentamiento global del planeta y adelgazamiento de la capa de ozono - acerca de los cuales los medios de comunicación nos bombardean con noticias alarmantes de fin de mundo.

A continuación presentamos un resumen de los estudios y propuestas del profesor norteamericano Fred Singer<sup>1</sup>, consejero del Programa de Medio Ambiente de Libertad y Desarrollo, en relación al calentamiento global del planeta y el efecto invernadero y al debilitamiento de la capa de ozono. Aunque estos temas no tienen nada que ver entre sí, ambos se refieren a la misma atmósfera.

*1 El Profesor Fred S. Singer es físico atmosférico y espacial. El diseñó los instrumentos actualmente usados en los satélites para medir el ozono atmosférico. Ha ocupado diversos cargos en el gobierno de los Estados Unidos, además de ser un destacado académico. Fue el primer director del US Weather Satellite Service y más recientemente Científico Jefe del Ministerio de Transportes. Actualmente dirige el proyecto de Políticas de Ciencias y Medio Ambiente, una organización dedicada al estudio de estos temas, basada en Fairfax, Virginia.*



## I. EL CALENTAMIENTO GLOBAL DEL PLANETA

Según el New York Times, el año 1995 fue el más caluroso de los medidos hasta ahora, siendo esto, presumiblemente, un seguro signo de la largamente esperada tendencia de calentamiento. Esta información se publicó producto de los resultados preliminares de un informe provisorio de la Oficina Meteorológica Británica, bastante antes de finalizar el año.

Pero, ¿está la tierra realmente calentándose? Desafortunadamente, para los teóricos del recalentamiento la respuesta parece ser NO. Los datos más confiables, aquellos de los satélites del tiempo, muestran una tendencia global de  $-0,05^{\circ}\text{C}$  por década. Es decir, de enfriamiento, no de calentamiento.

El informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, publicado en mayo de 1996, que da cuenta del calentamiento global, fue modificado en forma clandestina, luego de haberse aprobado la versión final. Aún está en debate la legalidad y motivación que hubo detrás de estos cambios.

Probablemente fue más seria la falsificación deliberada del resumen de ese Panel, el cual señaló una "discernible influencia humana en el clima global". Los políticos tomaron esta frase como la confirmación de modelos climáticos que predicen un sustancial calentamiento en el próximo siglo, a pesar de las puntualizaciones específicas en contra que aparecen el texto principal del Informe. Una "Declaración Ministerial" propuesta por Estados Unidos, hecha en Ginebra en julio de 1996, llamó entonces a poner un tope mediante imperativos legales, a la emisión de aquellos combustibles que tengan en su composición bióxido de carbono. Los ministros consideraron que ciencia estaba dada. Lo que esto realmente significa es que ellos consideran a la ciencia irrelevante para la implementación de políticas bajo el Tratado Climático Global existente. Con la burocracia tratando de suprimir el uso de energía y sin respetar la evidencia científica, será mejor retirarse del Tratado antes que las Naciones Unidas nos lleven a la ruina económica.

De acuerdo a los resultados de una investigación independiente, muchos científicos creen que no hay evidencia para asegurar la existencia de un calentamiento global antropogénico y no consideran confiables los modelos que predicen cambios climáticos para predecir calentamiento global.

Es así como la discusión científica se centra en 3 áreas:

- gases de invernadero y cambios climáticos debido a actividad humana.
- los datos acerca del clima, especialmente de temperatura de los últimos 130 años, y las hipótesis que explican variaciones naturales.
- modelos de cambio climático, su consistencia y validación.

## **1. GASES DE INVERNADERO Y CAMBIOS CLIMÁTICOS**

### **a) ¿Qué proporción del aumento del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se debe a la quema de combustibles?**

Es de público conocimiento que la quema de combustibles fósiles aumenta los contenidos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera, aumentando el efecto invernadero que se produce en forma natural y posiblemente calentando el clima del planeta. Avances en la espectroscopia durante el último siglo produjo evidencia de que el CO<sub>2</sub>, y otras moléculas de más de dos átomos, absorben la radiación infrarroja e impiden el escape de esta radiación calórica desde la superficie de la tierra. De hecho, es el efecto invernadero, producto de la existencia natural de CO<sub>2</sub> y vapor de agua (H<sub>2</sub>O) que ha calentado la superficie terrestre por miles de millones de años; sin el efecto invernadero, la tierra sería un planeta congelado y sin vida.

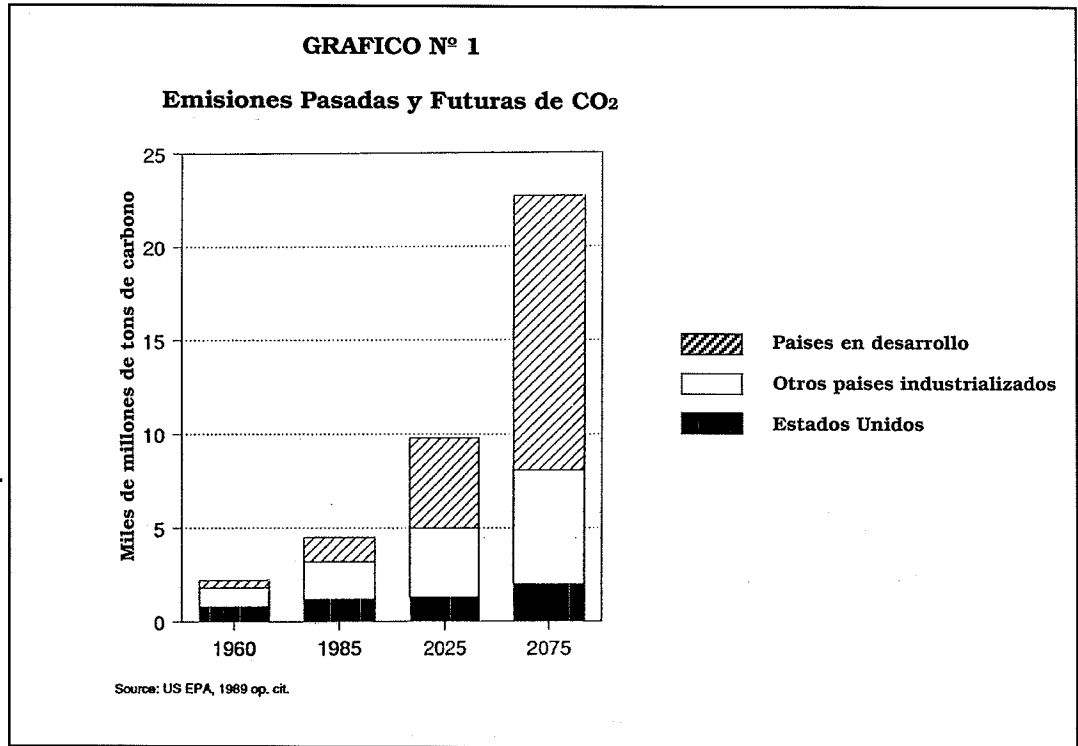
Mientras el aumento reciente de CO<sub>2</sub> parece correlacionado con el uso de combustibles fósiles, el uso de la tierra, incluyendo deforestación y quema de biomasa, continúa siendo una contribución importante, aunque difícil de cuantificar. Con las reservas de carbono en el océano y en la biósfera más de 50 veces mayor que las reservas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, aun pequeñas fluctuaciones en las tasas de absorción y emisión puede producir descensos o aumentos en el CO<sub>2</sub> atmosférico que minimiza cualquier efecto producido por los combustibles fósiles. Los datos geológicos muestran grandes variaciones naturales de CO<sub>2</sub>, con concentraciones diez veces mayores a las actuales en la era paleozoica. En los últimos 100 millones de años, la concentración de CO<sub>2</sub> ha estado disminuyendo. En los últimos 2 millones de años, una era de frecuentes edades de hielo, ha habido grandes variaciones relacionadas con los períodos glaciares e interglaciares más tibios.

### **b) ¿La concentración de CO<sub>2</sub> se duplicará o triplicará en el año 2010?**

Modelos recientes, que consideran un océano y una biósfera interactiva, por ejemplo aquel del Instituto Max Planck de Hamburgo, han planteado serias dudas que alguna vez se llegue a duplicar la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

### **c) ¿Es razonable pensar en una estabilización del CO<sub>2</sub>?**

Se debe reconocer en primer lugar que estabilizar las emisiones de CO<sub>2</sub>, la política anunciada recientemente por muchas naciones, no estabilizará la concentración de CO<sub>2</sub>. Simplemente disminuirá su tasa de crecimiento y pospondrá la fecha en que ella se duplique por unos años, si ello efectivamente ocurre. Para estabilizar la concentración de este compuesto, se deberá disminuir las emisiones globales en más de un 60%, si se acepta el modelo y el tiempo de vida del CO<sub>2</sub> atmosférico usado por el IPCC, en contraposición con el valor más bajo derivado del modelo de Hamburgo. En este punto, las naciones industrializadas deben considerar con mucho cuidado la conveniencia de estas políticas. Naciones en desarrollo requerirán grandes aumentos en el uso de energía a medida



que aumenta su población y su PIB en el próximo siglo y serán dominantes en la emisión de CO<sub>2</sub>, según lo indicado en el Gráfico N° 1.

**d) ¿Hay otros efectos humanos en los cambio climáticos?**

Se deben considerar cuidadosamente los efectos de los demás gases de invernadero, en especial del metano, que podría transformarse en el mayor contribuyente al problema, a medida que el CO<sub>2</sub> disminuye. Si se considera también el efecto indirecto del metano en el efecto invernadero, y el tiempo de vida más realista del CO<sub>2</sub>, entonces la estabilización del efecto invernadero se transforma en una tarea aún más compleja.

Podrían haber otros efectos que cobren importancia, como los efectos indirecto producido otros gases tales como:

- Metano (CH<sub>4</sub>), que se produce principalmente por fuentes relacionadas con el crecimiento de la población. Esto incluye plantaciones de arroz, ganado, pastizales, minas de carbón y campos petroleros. El metano, actualmente, da cuenta del 20% de los gases de invernadero, pero está creciendo a una tasa que duplica la de crecimiento del CO<sub>2</sub> y se ha más que duplicado desde la era preindustrial. Se transformaría en el gas invernadero más importante, de eliminarse las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Oxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que se ha incrementado en un 10%, aparentemente debido a la acción de bacterias en la tierra, promovido por el aumento de fertilizantes nitrogenados.
- Ozono (O<sub>3</sub>), producido por la contaminación urbana, que aporta cerca del 10% del total del efecto invernadero. Podría disminuir en Estados Unidos, como resultado de la legislación para limpiar el

- aire (Clean Air Act), pero aumentará en el resto del mundo.
- Clorofluorocarbonos (CFC), que son compuestos usados en refrigeración, aire acondicionado y procesos industriales y contribuyen en forma importante, aunque luego serán reemplazados por sustitutos menos contaminantes.
- Vapor de Agua (H<sub>2</sub>O) que es lejos el gas invernadero más efectivo. No es un gas producido por el hombre, pero se cree que amplifica los efectos de calentamiento producido por los otros gases. Otra fuente importante de vapor en la alta tropósfera y en la estratósfera es el tráfico aéreo, que permanentemente penetra la región de la tropopausa. Los gases producidos por los aviones causan senderos de condensación aumentados por las bajas temperaturas en la estratósfera. Esta es una fuente de cirros de altura, que podría llevar a fuerzas de radiación y afectar la temperatura de la superficie terrestre.

No se sabe si el vapor de agua en la atmósfera ha aumentado, o si aumentará en el futuro, a pesar que eso es lo que predicen los modelos de simulación. De todos modos, las predicciones sobre futuros calentamientos no solo dependen de su cantidad, sino también de su distribución espacial horizontal y especialmente vertical y si se encuentra en la atmósfera en estado gaseoso, líquido o como partículas de hielo. Los modelos computacionales actualmente no son capaces de incorporar estos puntos cruciales.

- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), cuyas fuentes en la superficie terrestre son principalmente plantas termoeléctricas y otras plantas industriales, las que crean sulfatos que pueden aumentar las nubes regionales y producir enfriamiento en la baja tropósfera. Los controles de la contaminación en occidente y el rápido desarrollo industrial en los países en vías de desarrollo están cambiando la distribución geográfica de las emisiones de SO<sub>2</sub> y de las nubes albedo. Los aviones pueden ser una fuente de emisión de aerosoles sulfatados a la estratósfera, principalmente en el hemisferio norte y aumentar los efectos climáticos en la capa aerosol existente.

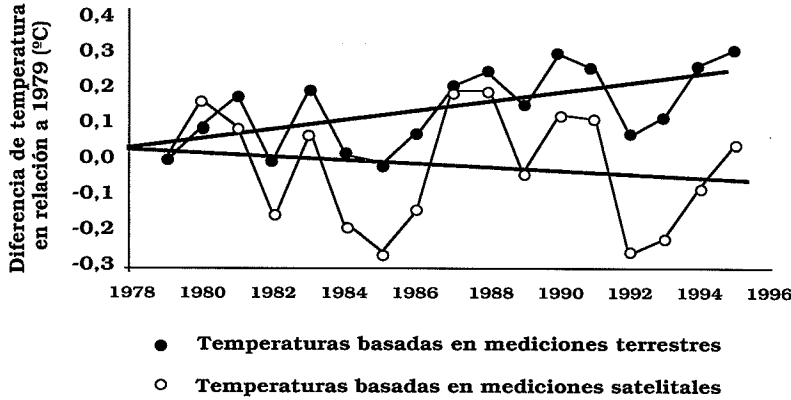
## 2. LOS DATOS ACERCA DEL CLIMA

Los datos, basados en mediciones de temperatura de los últimos 100 años, no explican el calentamiento predicho por los modelos computacionales. Al contrario, si la experiencia de los últimos 130 años en calentamiento se debiera al efecto invernadero, un supuesto bastante irreal, el aumento de la temperatura correspondiente a la duplicación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, sería de menos de 1°C, en vez de 2,5°C, como dice la IPCC.

El hecho de que las primeras mediciones de temperatura daten de hace 130 años, durante un período inusualmente frío, distorsiona las conclusiones de la IPCC. Si consideramos los datos a partir de 1940 - o durante el período cálido de 1780- en lugar de 1860, entonces los aumentos de temperatura proyectados son aún menores. Los datos existentes en EEUU revelan que el año más caluroso ocurrió en la década de 1930 y no en 1980.

GRAFICO N° 2

Registro de Temperatura Basadas en Mediciones Terrestres y Satelitales

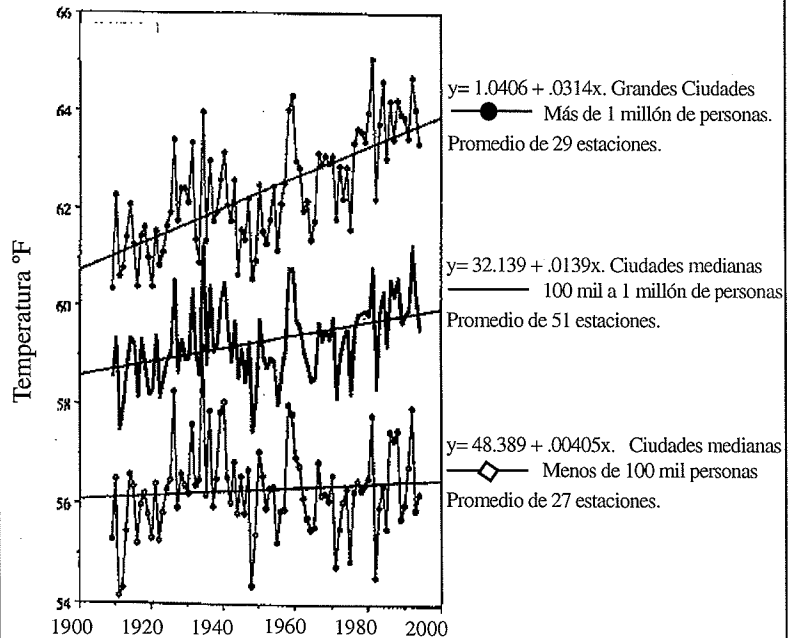


El hecho de que un calentamiento, probablemente por causas naturales, constituya un aumento de la temperatura mínima (en la noche y en invierno), originalmente encontrado en USA, ha sido confirmado en Rusia y China. Esto determina el impacto económico y ecológico de un posible calentamiento en el clima. La explicación de este efecto observado aún no es segura. Puede deberse a un aumento en la cantidad de nubes durante el día, o un aumento de los gases de invernadero durante la noche debido al

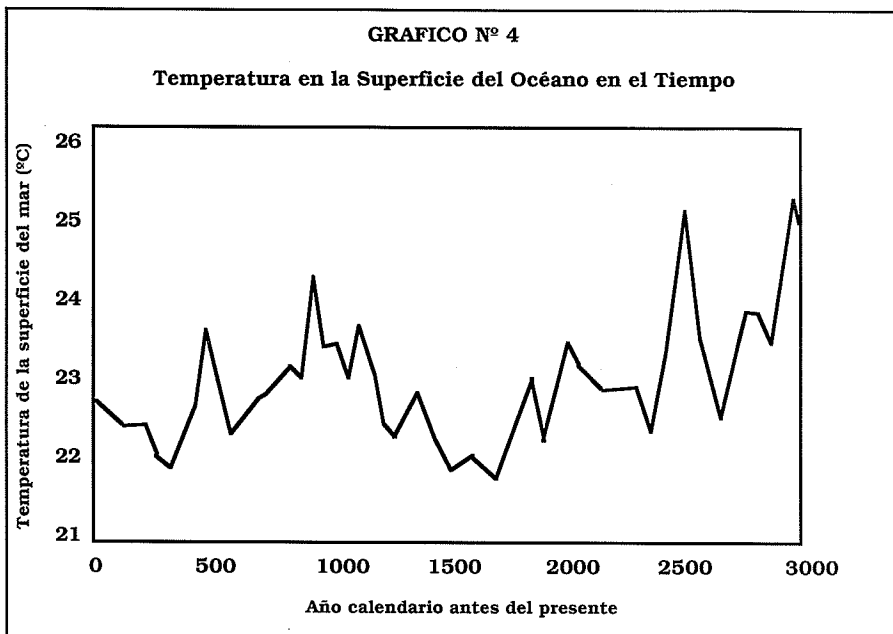
aumento en los niveles de CO2 o de las nubes.

Si consideramos las mediciones vía micro-ondas hechas por satélites, éstas nos muestran una tendencia en la temperatura global durante los últimos 12 años, 1979 a 1991. A pesar de ser éste un período muy corto, los datos deberán ser consistentes con el aumento futuro de temperatura de sólo 0,5°C, debido al aumento de los gases de invernadero, equivalente a la duplicación de CO2. Esto es aproximadamente un tercio del aumento que predice el modelo más conservador en cuanto al aumento considerado. Por otra parte, las mediciones terrestres muestran una tendencia al aumento de la temperatura, contrario a las predicciones satelitales. Esta diferencia, que se acentúa con el tiempo, (Gráfico N° 2) se explica principalmente porque las estaciones de medición se encuentran

Gráfico N°3  
CALENTAMIENTO GLOBAL  
Un Fenómeno Urbano en California



ya sea en aeropuertos o cercanas a ciudades. El tráfico aéreo y la actividad industrial en zonas urbanas y rurales, sin duda generan un aumento de la temperatura en la zona. El Gráfico N° 3 muestra las tendencias de aumento de las temperaturas medidas entre 1909 y 1994 en 107 estaciones ubicadas en ciudades de más de un millón de habitantes, entre 100 mil y un millón de habitantes y de menos de 100 mil habitantes. Observamos que a medida que la ciudad crece la tendencia al aumento de la temperatura terrestre también lo hace. Es así como las mediciones terrestres están influidas por agentes ajenos a la temperatura global, tema que nos ocupa.



Además del aumento global de la temperatura, debemos considerar las tendencias en cada hemisferio, en función de la latitud, altitud y de la estación del año. No hay congruencia en los resultados de los distintos modelos. Adicionalmente, es importante considerar las mediciones de temperatura en la superficie del mar, la cual no ha sufrido variaciones, de acuerdo a los datos obtenidos, que se muestran en el Gráfico N° 4.

Por último, hay gran cantidad de información obtenida por medio de satélites, que muestran un aumento en el grosor de las capas de hielo en Groenlandia. Esta tendencia, si se confirma también en la Antártica, echará por tierra las predicciones de aumento del nivel del mar -que van de 10 metros a 20 cms- como respuesta al aumento del CO<sub>2</sub> en el próximo siglo.

### 3. LOS MODELOS DE CAMBIO CLIMÁTICO, SU CONSISTENCIA Y VALIDACIÓN.

#### a) ¿Son confiables los modelos actuales de clima global?

La mayoría de las predicciones de calentamiento se basan en modelos generales de circulación, de simulaciones extremadamente complejas. Los ambientalistas tienen una gran confianza en la capacidad predictiva de los computadores. Otros sugieren que las predicciones de estos modelos no tienen valor alguno. El Dr. Richard Lindzen del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) ha comparado las predicciones hechas a través de los modelos con datos reales y, actualmente, la tierra debería estar significativamente más caliente de lo que está.

Existen deficiencias que deben ser mejoradas en los modelos.

- Muchos modelos deben ser ajustados, por ejemplo, modificando la constante solar, que determina la energía solar emitida por el sol, en hasta un 20% del valor observado, para evitar cambios ficticios en el clima.
- Existe falta de consistencia en los resultados de los modelos. Por ejemplo, las predicciones de temperaturas globales varían entre 1,5°C y 5°C, para el mismo efecto invernadero (duplicar la emisión de CO<sub>2</sub>).
- La diferencia es aún mayor cuando se consideran predicciones para modelos regionales de temperatura y precipitaciones.
- Existe resolución espacial limitada y una representación inadecuada de la geografía y topografía.
- Los modelos niegan la existencia de cambios en los escenarios producidos por el hombre en el último siglo, incluyendo cambios en la superficie de albedo y humedad de los suelos por efecto de deforestación, agricultura, construcción de caminos y urbanización. Estos cambios podrían explicar algunas reducciones en la temperatura diurna.
- Existen problemas numéricos con los modelos y falta de convergencia.

**b) ¿Han sido validados los modelos de clima global?**

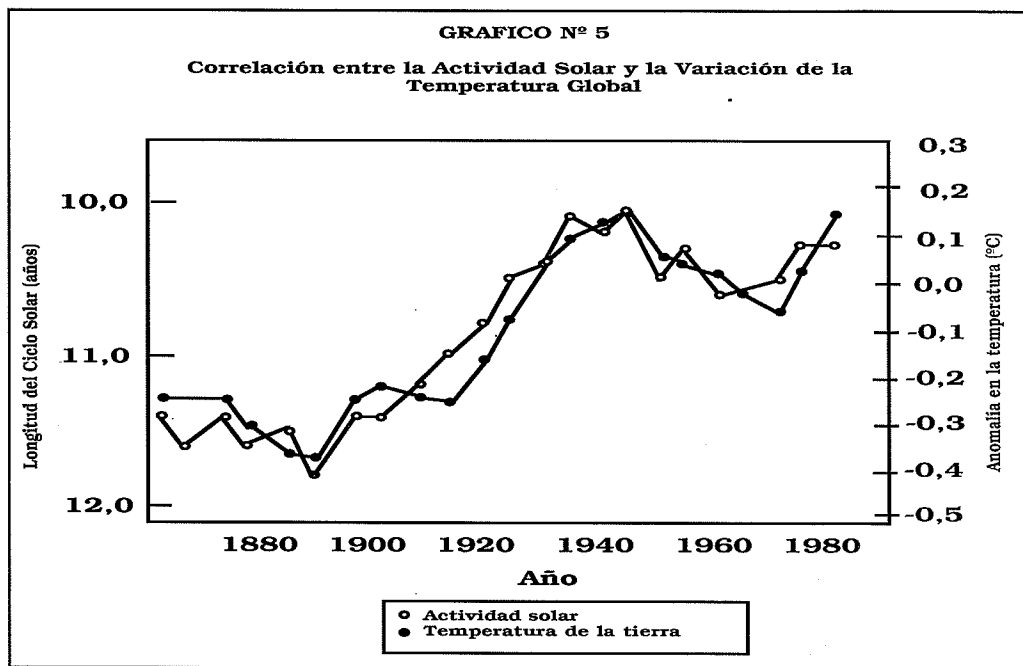
La respuesta es un categórico NO. Los actuales modelos no son capaces de explicar las variaciones globales de temperatura media recogidas durante los últimos 100 años. Aun asumiendo que las variaciones naturales compensarán el calentamiento global, estos efectos son inferiores a los calculados aun por las menores temperaturas derivadas de modelos de simulación. Claramente, la física del calentamiento global aún no se completa y se requerirá de mucho esfuerzo para hacerla concordar con las observaciones. El informe IPCC no enfatiza en forma adecuada las incertidumbres en la modelación de nubes, circulación de los océanos y la biósfera terrestre. El suplemento tampoco discute la gran cantidad de esfuerzos de investigación actualmente en curso para investigar la sensibilidad de los modelos, a varios supuestos físicos, técnicas y procedimientos.

Uno de los puntos más débiles de los modelos es el tratamiento de los resultados debidos al vapor de agua, lejos el más importante de los gases de invernadero. Como lo destacaron en forma independiente Hugh Ellsaesser y Richard Lindzen (MIT), este efecto puede tener menor importancia que el asumido en los modelos, e incluso puede ser negativo, reduciendo el efecto invernadero del CO<sub>2</sub>. En vista de la forma insatisfactoria en que los modelos manejan el vapor de agua, dejando fuera efectos físicos relevantes, sería inapropiado confiar en sus predicciones para formular políticas para el control del CO<sub>2</sub>.

**c) ¿Pueden los datos del clima ser explicados por variaciones naturales?**

Como muchos eventos naturales tienen consecuencias en el clima, es necesario que los científicos investiguen esto a fondo, antes de formular recomendaciones para formular políticas de control. Ciertamente, el calentamiento sustancial observado antes de 1940 se debe a causas naturales, probablemente a una recuperación de la temperatura desde la Época de Hielo, que prevaleció hasta cerca de 1850.

Muchos investigadores han reportado los efectos del clima como causas naturales; pero esta teoría no es considerada in extenso por el IPCC. Por ejemplo, correlaciones con variaciones solares han sido sugeridas en el pasado por Wallace Broecker (Lamont Labs, Columbia University), P.R. Bell (Oak Ridge National Lab), George Reid (NOAA Labs, Boulder), Robert Jastrow (Dartmouth College), Harry van Loon (NCAR, Boulder) y Karen Labitzke (Meteorological Institute, Berlín). Otras correlaciones de la temperatura, por ejemplo con actividad volcánica, han sido publicadas y requieren un mayor estudio y discusión.



En un artículo publicado en la Revista Science en 1991, Eigil Friis-Christensen y Knud Lassen del Instituto de Meteorología Danés, mostraron una correlación casi perfecta entre la temperatura global y la longitud del ciclo solar, según se muestra en el Gráfico N° 5. Si esto se confirma, eliminaría cualquier calentamiento debido al efecto invernadero. También implicaría que los modelos de calentamiento global han fallado al incluir una respuesta negativa.

**d) ¿Puede ser ignorada la existencia de edades de hielo cíclicas?**

Los documentos de la IPCC, auto nominándose autoridad científica, deberían discutir en su totalidad la posibilidad de que el presente período interglacial (calentamiento) pronto llegará a su fin. Muchos considerarán más probable un retorno a la era glacial que una catástrofe o incluso un apreciable calentamiento por efecto invernadero. Podemos recordar los temores acerca de una próxima era glacial, tan en boga en los años 1960



1970. Los economistas publicaron las estimaciones del enorme daño que provocaría el posible enfriamiento de sólo un grado de temperatura.

Las temperaturas terrestres han estado disminuyendo desde la época de los dinosaurios, desde hace alrededor de 70 millones de años.

Cerca de 2 mil años atrás, comenzó una nueva edad de hielo, probablemente por el resultado de los movimientos de las placas terrestres, que dio lugar a la formación de las montañas. Desde ese tiempo, la tierra ha visto 17 ó más ciclos glaciales, interrumpidos por cortos (de 10 a 20 mil años) periodos cálidos o interglaciales. Actualmente nos encontramos en uno de estos intervalos interglaciales, el Holoceno, que comenzó hace ya 10.800 años. El comienzo del nuevo ciclo glacial no puede estar muy lejano.

Se cree que la longitud del ciclo glacial, de como 100 mil ó 200 mil años, está controlada por pequeños cambios en la distribución estacional y latitudinal de la energía solar recibida como resultado de cambios en la órbita terrestre y el eje de rotación. Mientras la teoría puede explicar el periodo, el detalle de los mecanismos aún no se comprende bien, especialmente la sorpresa que la transición desde un periodo glacial a un calentamiento interglacial. Es bastante probable que se gatlle una interacción entre el océano y la atmósfera, que se transforme en la causa directa de la transición en el clima.

Los registros de clima también revelan evidencia de cambios climáticos mayores en periodos de tiempo más cortos que los ciclos astronómicos. Durante el pasado milenio la tierra experimentó un óptimo en el clima, cerca del año 1.100 DC, cuando los vikingos descubrieron que Groenlandia era verde y Vinland tierras aptas para plantar viñas. La pequeña "Edad de Hielo" encontró a los glaciares europeos avanzando bastante antes de 1600, y repentinamente retrocediendo el año 1860. El calentamiento registrado desde 1880 puede simplemente ser el término de esta pequeña edad de hielo más que la entrada al calentamiento global producto del efecto invernadero por causas humanas.

#### 4. IMPACTOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS

Para determinar el impacto que tendría un calentamiento global en la tierra, supongamos que se produce la situación más plausible: un aumento de 1°C en la temperatura en el próximo siglo, debido a la duplicación de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El calentamiento se producirá mayormente en altas latitudes y en invierno. ¿Es eso malo? Debteríamos recordar que sólo 10 años atrás, cuando el tema era el enfriamiento, los economistas de la Academia Nacional de Investigación Científica de Estados Unidos, calcularon un costo enorme producto de este enfriamiento. El enfriamiento experimentado durante la Pequeña Edad de Hielo, o el famoso "año sin verano" ocurrido en Inglaterra en 1816, causó grandes pérdidas de cosechas y produjo hambrunas en la población.

Si un enfriamiento es malo, entonces un calentamiento debería ser bueno. Si ello ocurre en forma suficientemente lenta, los ajustes necesarios serán fáciles de hacer y libres de costos. Aun cuando la

variedad de cosechas pueda resultar beneficiada por un aumento de las temperaturas, con mayor o menor nivel de humedad, puede ocurrir que los terrenos no sean capaces de lograr un ajuste tan rápido. Pero los expertos en agricultura generalmente esperan que con un aumento del CO2 atmosférico -que después de todo es alimento para las plantas- las plantas crecerán más rápido y necesitarán menos agua para ello. El aumento de temperaturas en horas de la noche dará lugar a estaciones más largas para el crecimiento y menores heladas. El aumento de las precipitaciones globales debería también beneficiar el crecimiento de las plantas.

Tengamos en mente que las variaciones anuales en cualquier lugar son lejos mayores y más rápidas que lo que se podría esperar de un calentamiento producto del efecto invernadero. La naturaleza, cosechas y la gente ya se han adaptado a tales cambios. En el extremo, los cambios climáticos que causan graves problemas ecológicos y económicos son inviernos muy crudos, sequías persistentes, calores extremos, grandes huracanes y cosas como éstas. Pero no hay indicaciones de los resultados de los modelos ni de la experiencia actual, ni que los eventos antes mencionados se hagan más frecuentes y que se produzca un calentamiento global apreciable. La excepción podrían ser los ciclones tropicales que, según Balling y Radall Cerveny, serían más frecuentes, pero más débiles, se enfriarían vastas áreas de la superficie del océano y aumentarían las precipitaciones anuales. En suma, los modelos del clima predicen que las precipitaciones aumentarán entre un 10% y 15%, y las temperaturas polares aumentarán, reduciendo las fuerzas que generan situaciones de inviernos severos.

Por último, está la pregunta acerca del aumento del nivel del mar, a medida que los glaciares se derriten, y la amenaza de una catástrofe producto de las inundaciones. La criósfera ciertamente contiene suficiente hielo para elevar el nivel del mar hasta en 100 metros. Los registros de los últimos 100 años sugieren que el nivel del mar ha aumentado aproximadamente 30 cms. Estas mediciones se han hecho en una concentración geográfica, la mayoría en la costa oeste de los Estados Unidos, lo que no permite sacar conclusiones globales.

Mientras tanto, los satélites han entregado resultados sorprendentes. El científico de la NASA Jay Zwally, en un artículo publicado en la revista Science, señala que las capas de hielo en Groenlandia han aumentado su espesor, ha habido un aumento neto de hielo almacenado en la criósfera y ha inferido una disminución en el nivel del mar. Los resultados de los modelos sugieren un pequeño calentamiento en el océano antártico, porque el calor se traslada por convección a lugares más profundos. Es muy importante verificar estos resultados, mediante otras técnicas y también recolectar mayores datos en los cambios de nivel del mar.

Resumiendo la evidencia disponible, podemos concluir que aún si ocurriera un calentamiento significativo en el próximo siglo, el impacto neto en el planeta podría ser beneficioso, con algunas regiones gozando de mejor clima, otras peor. Esto sería aún más cierto si la tan anticipada edad de hielo estuviera en camino.

## 5. POLÍTICAS ENERGÉTICAS

En vista de la incertidumbre acerca del grado de calentamiento, y aún más, sobre el impacto que esto tendría, ¿qué deberíamos hacer? Mientras se diluciden estas preguntas a través de programas de investigación, podemos aplicar políticas y acercarnos al problema con acciones que tengan sentido, incluso si el efecto invernadero no existiera.

### a.- Conservar energía mediante el desincentivo a su derroche.

La conservación puede lograrse mejor mediante una buena asignación de precios más que a través de políticas de comando y control. Si el precio puede incluir los costos de las externalidades que no son consideradas por los usuarios y cargados a alguien más, se refuerza el argumento de asignar en forma apropiada los precios de la energía. La idea es que el agente contaminante o el beneficiario pague los costos.

### b.- Mejorar la eficiencia en el uso de energía

La eficiencia energética se puede lograr sin mucha intervención. Si un proceso no es económico, entonces probablemente hay pérdidas de energía en éste y no deberíamos hacerlo. Es posible derrochar energía, tanto mediante una sobreconservación, como por medio de una subconservación. La destrucción de todos los autos viejos, ciertamente aumentará la eficiencia en el uso de la gasolina en la flota completa, pero el reemplazo de estos autos consumirá más energía en la manufacturación de autos nuevos. Si la energía tiene el precio correcto - no está subsidiada - la función del gobierno es sólo remover las trabas institucionales, procediendo como sigue:

- proveer información a los consumidores, en especial acerca de los costos asociados al ciclo de vida de elementos domésticos como calefactores, iluminación, refrigeradores y otros.
- inducir -no forzar- el cambio de equipos antiguos, menos eficientes y generalmente más contaminantes, tales como automóviles, maquinaria, plantas de electricidad, etc.
- estimular el desarrollo de sistemas eficientes, como ciclos combinados en plantas eléctricas o sistemas de combustión interna más eficientes en motores.

### c.- Usar fuentes de energía no fósiles, cuando sea económicamente posible.

La energía nuclear es ahora competitiva en muchos países del mundo y más barata que aquella proveniente de combustibles fósiles. Aún así las organizaciones ambientalistas están en contra de ella. Los problemas de la energía nuclear, como la disposición de residuos nucleares, son más bien políticos y psicológicos que técnicos. Para dirigir la atención a asuntos de seguridad, los ingenieros nucleares están trabajando en un reactor "inherentemente" seguro. La energía nuclear producto de la fusión, más que de la fisión, puede ser una posibilidad de largo plazo, aunque el horizonte es incierto.



La energía solar y otras formas de energía renovables, también deberían tornarse más competitivas a medida que sus costos disminuyen y el precio de los combustibles fósiles aumenta. Las aplicaciones con energía solar están restringidas, no sólo por motivos de precio, sino también porque ésta es variable. Se requiere de un campo de fútbol de celdas solares para proveer la energía necesaria para una familia norteamericana promedio. La energía eólica y la biomasa son otras formas de energía competitivas para algunas aplicaciones.

## **6. INTERVENCIONES DIRECTAS**

En caso que se compruebe que el aumento en los niveles de CO<sub>2</sub> afecta en forma significativa la vida humana en el planeta, existen otras alternativas, distintas a las restricciones en el consumo de la energía, que pueden ser usadas para disminuir su concentración en la atmósfera.

Todos sabemos que la forestación absorbe CO<sub>2</sub> y emite oxígeno a la atmósfera. De esta manera, plantando árboles podemos absorber CO<sub>2</sub>. La expansión natural de los bosques boreales, aquellos en regiones de altas latitudes en un clima que se va calentando, absorbería el CO<sub>2</sub> atmosférico.

Actualmente, está en estudio un proyecto muy innovador, propuesto por John Martin, oceanógrafo de California, que consiste en fertilizar el mar con sulfato de hierro, para producir plancton, (forestar el mar), el que además de absorber CO<sub>2</sub>, alimenta a los peces. De esta manera, este proyecto se puede transformar en un negocio para la industria pesquera.

Si esto falla, siempre queda la posibilidad de poner en órbita satélites que modulen la cantidad de luz solar que alcance la tierra. Estos satélites también podrían generar electricidad e irradiarla hacia la tierra, como fue sugerido originalmente por Peter Glaser de A.D. Little. Estos esquemas pueden sonar increíbles, pero también lo fueron otros proyectos futurísticos en el pasado -y en el presente- como cubrir el desierto del Sahara con celdas solares, o Australia con árboles.

## **II. EL ADELGAZAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO**

El problema del adelgazamiento de la capa de ozono es uno de los mejores ejemplos de cómo se pueden manipular los datos científicos, basando las políticas adoptadas en predicciones catastróficas y decisiones emocionales, más que en información provista por la buena ciencia.

### **1. EL OZONO ESTRATOSFÉRICO**

El ozono es producido en forma natural en la alta atmósfera por la radiación UV del sol, que separa las moléculas de oxígeno en dos átomos. Cada uno de estos átomos, pronto encuentra otra molécula de oxígeno formando ozono, O<sub>3</sub>. Sorprendentemente, existe poco ozono en la atmósfera terrestre, encontrándose casi todo en la estratósfera, a una

distancia de aproximadamente 20 kilómetros sobre la superficie. Si se pudiera remover el ozono de la estratósfera y ponerlo en la superficie terrestre a una presión equivalente a la existente a nivel del mar, el espesor de la capa de ozono sería de poco más de medio centímetro. A pesar de ello, el ozono tiene una importancia vital para la operación y funcionamiento de la vida en la tierra. Esto, porque las moléculas de ozono absorben la radiación solar UV. Sin ozono, seríamos bombardeados por esta radiación, esencialmente letal a determinadas longitudes de onda (menos de 280 nanómetros, llamada UV-C). En presencia de ozono, la radiación UV de corta longitud de onda, es absorbida en su gran mayoría y sólo llega a la superficie una pequeña cantidad, llamada UV-B, cuya longitud de onda varía entre 280 y 320 nanómetros, produciendo quemaduras de sol, daño a la piel y algunas formas de cáncer a la piel de fácil curación. También hay otra zona de rayos ultravioletas llamados UV-A (longitud de onda entre 320 y 400 nanómetros), adyacente a la región visible del espectro, que no es absorbida por el ozono.

## **2. EL ADELGAZAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO**

El problema de la capa de ozono comenzó hace 20 años con el transporte super sónico (TSS). Los movimientos ambientalistas emergentes tuvieron su primera victoria al convencer al Congreso de los Estados Unidos de cancelar el programa para construir dos prototipos de TSS que iban a ser probados en la estratósfera.

Cuando las objeciones acerca de ruidos molestos no surtieron efecto, los activistas descubrieron la capa de ozono y el hecho de que una flota de 500 aviones podría tener algún efecto en el contenido de ozono de la alta atmósfera. Influyó más aún el argumento de que una reducción en el ozono aumentaría la radiación ultravioleta hacia la superficie terrestre, con el consiguiente incremento en los riesgos de contraer cáncer a la piel. El terror al cáncer a la piel ha sido desde entonces un tema que ha estado intrínsecamente asociado al tema del adelgazamiento de la capa de ozono.

El profesor Fred Singer, en 1970 subdirector administrativo de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), lideró la comisión para determinar los efectos del TSS en el ambiente. Descubrió entonces muchos errores en las hipótesis y las bases de los estudios realizados. En esa época se sabía muy poco acerca de la alta atmósfera. El problema del ozono cobró importancia en 1970, y sólo en el contexto del efecto del vapor de agua producto de la quema de combustibles del TSS. Fue un año más tarde cuando se determinó que el principal problema no era el vapor de agua, sino los óxidos de nitrógeno creados en cualquier proceso de combustión.

Las primeras estimaciones sugerían que alrededor del 70% del ozono sería destruido por una flota de 500 aviones supersónicos. Sin la capa de ozono, la radiación ultravioleta sería letal a nivel del mar y una epidemia de cáncer a la piel devastaría el mundo. La campaña del terror dio como resultado la cancelación del proyecto de TSS. Por supuesto, los dos prototipos, -todo lo que se autorizó-, no habrían causado ningún efecto significativo en la capa de ozono, pero los oponentes al programa tuvieron

éxito en confundir las cosas. Inglaterra y Francia siguieron adelante y construyeron el Concorde, sin consecuencias ambientales aparentes.

Sólo tiempo después se descubrió que también habían fuentes naturales de óxidos de nitrógeno estratosférico y los efectos del TSS no habrían superado el 10%. Luego, las mediciones de laboratorio mejoraron y para 1978 se había determinado que el TSS tendría un efecto positivo, ya que aumentaría el nivel de ozono. Después de 1980, el efecto se volvió levemente negativo, para luego ser olvidado y centrar la atención en los efectos de los clorofluorocarbonos (CFC).

Muy pocos conocen estos giros en las predicciones teóricas. Es irónico que la teoría actual prediga que los gases emitidos por los aviones actúan anulando los efectos destructivos de los CFC en la capa de ozono. Pero, esto es sólo teoría, y podría sufrir cambios.

Una vez que se abre la caja de Pandora, todos empiezan a buscar qué otros efectos existen sobre la capa de ozono. A Singer le intrigó la idea de que el metano producido por la actividad humana podría afectar la estratósfera. Ya en 1971, se hizo evidente que el metano producido por la actividad humana en la superficie terrestre jugaba un papel importante en la química del ozono. Esto pareció increíble a la mayoría de la gente, ya que era difícil imaginar que una sustancia producida en forma natural, no derivada de la tecnología moderna, pudiera ser un contaminante. Por supuesto, nadie sugirió controlar una sustancia natural.

El metano es un gas de larga vida en la atmósfera (cerca de 12 años), muy difícil de destruir. Además de fuentes naturales como vegas y pantanos, también proviene de fuentes relacionadas con la actividad humana: plantaciones de arroz, ganado y pozos de petróleo y gas.

Singer llegó a dos conclusiones: cerca de la mitad del metano es antropogénico y debería aumentar con la población y el crecimiento del PIB; y el metano puede percolar hacia la estratósfera, ser atacado ahí por la radiación ultravioleta y eventualmente aumentar el vapor de agua en la estratósfera. Para su sorpresa, encontró que la contribución del metano al vapor de agua es casi tan grande como la temible e hipotética flota de TSS.

De hecho, el metano en la tropósfera casi se ha duplicado en los pasados 100 años, por lo que el vapor de agua en la estratósfera también debería haber aumentado.

El interés público en el metano fue tibio, por decir lo menos. La revista norteamericana *Science* no se interesó en publicar un artículo escrito por Singer. Finalmente, éste fue publicado en la revista británica *Nature*. Pero nadie se interesó en el tema. Evitar las emisiones producto de los desechos fecales de las vacas y otras emisiones gaseosas no interesó a la comunidad ambientalista. Las vacas son poco glamorosas y de baja tecnología. No es una gran cosa. Además controlar sus emisiones podría ser muy sucio.

Los CFC son distintos. Un trabajo brillante de un científico británico, James Lovelock, y los cálculos de dos californianos, Mario Molina y Sherwood Rowland, demostraron en 1974 que la posibilidad de larga vida de los normalmente inactivos CFC, podría hacerlos percolar hacia la estratósfera y ahí descomponerse y atacar el ozono.

Los activistas ambientalistas estaban extasiados. Por fin, un compuesto químico industrial para ser puesto en tela de juicio, y además producido por Du Pont, una gran industria. ¡Qué gran sucesor del TSS, ahora que ese tema había sido sepultado!

No tomó mucho tiempo regular los CFC. En 1975, se adoptaron restricciones voluntarias a los usos de los CFC en latas con spray, una aplicación importante. En 1978, los Estados Unidos y otros países occidentales habían prohibido el uso de los CFC en todas las aplicaciones de aerosoles. Los CFC se reemplazaron por gases bajo alta presión o butano y propano, gases inflamables. Se eliminó un riesgo y se introdujo otro.

Las otras aplicaciones de CFC no podían reemplazarse fácilmente. No se habían desarrollado sustitutos, y podrían transformarse en peligrosos, tóxicos o caros; a lo mejor; todo lo anterior. Además, reemplazar refrigeradores, aires acondicionados, sopladores de espumas plásticas y equipos de limpieza electrónicos era una tarea bastante cara. Casi todos los países de Europa y Japón no estaban interesados en unirse a un acuerdo global y acciones unilaterales por parte de Estados Unidos no habrían sido muy efectivas.

Sobre todo esto, los datos de laboratorios y computadoras estaban reduciendo la amenaza. Un estudio de la Academia Nacional de Ciencia de Estados Unidos, predijo en 1980 una disminución de un 18% del ozono, basado en un cierto escenario estándar de CFC. En 1982, las estimaciones habían descendido a un 7% y en 1984 a niveles que varían entre 2% y 4%.

Irónicamente, gran parte de la reducción se debió al descubrimiento de los efectos contrarios de otros contaminantes: metano, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono. De esta manera, al emitir estos gases contaminantes a la atmósfera, estamos aumentando el calentamiento global por el efecto invernadero, mientras reducimos la destrucción del ozono.

### **3. EL AGUJERO EN LA CAPA DE OZONO**

En 1985, un grupo británico, operando una estación observadora de ozono en la Antártica, publicó resultados que dieron mucho que hablar.

A partir de 1975, cada primavera en octubre, observaron una declinación en la cantidad de ozono estratosférico, fenómeno nunca predicho por los modelos teóricos. Este adelgazamiento dura unas cuantas semanas y luego la capa se recupera. La amplitud de la disminución ha aumentado constantemente, hasta llegar a niveles cercanos a un 50% del ozono total. El descubrimiento fue rápidamente confirmado por los

instrumentos satelitales, que indicaron que el fenómeno cubría una región geográfica bastante amplia.

A raíz de esto, se sospechó inmediatamente de los CFC, y por cierto, se observaron los compuestos clorados en la región de la destrucción del ozono. El proceso era nuevo y no había sido estudiado con anterioridad. El mecanismo exacto por el cual se produce el agujero aún no se conoce y tampoco es posible hacer predicciones precisas acerca de qué pasará en el próximo año, o los próximos diez años. Existe consenso en que el efecto es producido por átomos clorados, cuya fuente es antropogénica, pero sólo pueden actuar en presencia de partículas de hielo, formadas cuando la estratósfera se torna extremadamente fría. De esta manera, el agujero en la capa de ozono sobre la Antártica es controlado por factores climatológicos. Aparecerá y desaparecerá, dependiendo de la temperatura de la estratósfera.

El agujero en la capa de ozono en la Antártica, le dio nueva vida a los grupos anti CFC y dejando su anterior oposición, la industria finalmente se unió a los ambientalistas.

Con el aumento de demanda y la limitación de suministros, los precios y utilidades de los CFC crecieron. Aquellos que disponían de sustitutos seguros podían incluso ganar mercado y desplazar a sus competidores.

Dentro del gobierno norteamericano, el impulso mayor provino de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y del Departamento de Estado, donde burócratas de nivel medio, lograron que la Casa Blanca propusiera, como un compromiso, el congelamiento de la producción de CFC, seguido por una disminución de un 50%. Esto fue el resultado final del Protocolo de Montreal en 1987.

Este protocolo sólo obliga a aquellos países que lo suscribieron, cosa que ni China ni India hizo.

#### **4. EL EFECTO DE LOS CFC EN LA DESTRUCCIÓN DEL OZONO**

Cabe hacerse la pregunta de si efectivamente los CFC destruyen la capa de ozono. También hay fuentes importantes de elementos clorados, tales como volcanes y los océanos que permanentemente aumentan la concentración de sales de cloruro de sodio en la atmósfera. Las observaciones de los elementos clorados en la estratósfera, hasta 1991, no mostraban una tendencia al incremento en el tiempo, lo que nos debía llevar a concluir que los CFC son una fuente insignificante.

Para muchos, el problema de los CFC y el ozono es aún un tema controversial, casi religioso, entre dos facciones que se oponen entre sí.

Por un lado están aquellos que argumentan que el océano y los volcanes emiten 100.000 veces más cloruros que los CFC a la atmósfera, y están en lo cierto. Los que se oponen a esta posición dicen que estas emisiones desaparecen con la lluvia, llegando a la atmósfera menos de 1 parte por cada 10.000. Esta tasa de supervivencia se basa en cálculos



Por otra parte, la radiación UV-B varía en forma natural en un cinco mil por ciento entre los polos y el Ecuador, principalmente por el ángulo en que los rayos solares alcanzan la superficie terrestre. Es así como

Si se ha encontrado una correlación entre la intensidad de la radiación UV-B y tumores benignos (no melanomas) a la piel. Su frecuencia aumenta claramente a medida que nos acercamos al Ecuador, donde el sol y la radiación UV son más fuertes, con incidencia en tumores de mas de doble entre Minnesota y el sur de Texas. Pero no debemos asumir que la totalidad del aumento se debe a un incremento de la intensidad de radiación UV. El estilo de vida en climas cálidos conducen a mayores exposiciones y ello debería contribuir, al menos tanto como la radiación, en la aparición de tumores a la piel.

- Las tasas de melanomas han aumentado en cerca de un 800% desde que se conocen las primeras estadísticas al respecto en 1935. No ha habido ningún cambio en la capa de ozono o la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre que tenga alguna correlación con esas cifras. Al contrario, las mediciones de radiación UV-B (el componente biológicamente activo) ha mostrado una reducción pronunciada y estable; la intensidad de la radiación ultravioleta en ciudades norteamericanas es menor ahora que en 1974. Las causas de los melanomas deben incluir más que la exposición a radiación UV.
- Los melanomas no se han asociado directamente al aumento a la exposición de radiación ultravioleta.
- El agujero en la capa de ozono en la antártica no debería tener ningún efecto en las tasas de cáncer en Estados Unidos.

En 1987, un connotado dermatólogo norteamericano explicaba al Congreso de los Estados Unidos que desde 1975, los melanomas malignos -cáncer a la piel- habían aumentado en cerca de un 100%. Desgraciadamente, omitió tres hechos adicionales, los cuales no comunicó ni al Congreso ni a la opinión pública:

## 5. EL OZONO Y EL CÁNCER A LA PIEL

Existen otros efectos relacionados a las variaciones de los ciclos solares, que también pueden ser responsables de una declinación en los niveles de ozono. Los ciclos solares han tenido grandes variaciones en el pasado. En tiempos recientes, las manchas negras han llegado a ser tan pocas como 40 en 1817 y tantas como 190 en 1958, el peak del ciclo. Esto sugiere que deben haber habido variaciones sustanciales en el nivel de ozono en el pasado. Sería interesante, entonces, buscar registros históricos de consecuencias biológicas en humanos, cosechas o vida marina, hipotéticamente causados por bajas concentraciones de ozono en la estratosfera.

matemáticos; sin embargo, aún no es posible calcular las precipitaciones con esa exactitud. Entonces, ¿qué proporción es arrastrada por la lluvia? ¿Un 99%, o un 99,9%, o un 99,99%, o un 99,999%? Finalmente, sólo la estratosfera nos dará la respuesta a través de las mediciones de los compuestos clorados existentes en ella.

una disminución del 5% del ozono estratosférico, calculado para algunos de los escenarios más pesimistas, aumenta la intensidad de las radiaciones UV en la misma medida que lo hace moverse 90 kilómetros hacia el Ecuador (es decir de Rancagua a Santiago, Puerto Montt a Osorno o Concepción a Chillán). Un aumento de 300 metros de altura producirá los mismos resultados.

En 1987, la EPA publicó una estimación de los costos y beneficios asociados al adelgazamiento de la capa de ozono. En él, determinaron que sólo en Estados Unidos habría 3 millones de muertes debido al cáncer a la piel al año 2075. Melanomas malignos, la forma mortal de cáncer a la piel, han estado aumentando en todo el mundo en los últimos 50 años, mucho antes que los CFC fueran usados en forma masiva. Parece que este cáncer se relaciona más bien con la exposición al sol.

Un estudio publicado en julio de 1993 por Richard Setlow y otros, demostró que los melanomas son causados por UV-A, la porción de radiación UV que no es absorbida por el ozono. Entonces, el espesor de la capa de ozono es irrelevante en la incidencia del cáncer a la piel y el estudio de costo beneficio de la EPA está basado en información científica incorrecta y obsoleta. Sin embargo, fue éste el estudio que persuadió al gobierno de los Estados Unidos a firmar el Protocolo de Montreal y más recientemente, a prohibir la producción de CFC.

## **6. CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE LAS POLÍTICAS PARA PROTEGER LA CAPA DE OZONO**

Está claro que el público y los políticos están confundidos por información incompleta y errónea. Una de las fuentes de confusión ha sido el énfasis puesto en el agujero en la capa de ozono en la Antártica, un fenómeno genuino, sin duda; pero geográficamente limitado y de poca significancia para la salud y bienestar de la población a nivel mundial. La existencia de un adelgazamiento temporal en la capa de ozono no prueba la existencia de un agotamiento global del ozono estratosférico.

Otra fuente de confusión proviene de la constante repetición en la prensa de que el adelgazamiento de la capa de ozono es peor de lo esperado. La prensa y el público nunca se cuestionan estas aseveraciones, que rara vez se respaldan con datos científicos que permitan su verificación. Lógicamente, las expectativas deben estar basadas en teoría, por lo que estos anuncios indican que ya sea la teoría está errada, las observaciones están erradas, o ambas cosas están erradas.

El público y los medios deben preguntarse por qué Estados Unidos (y Chile) firmó el protocolo de Montreal, al tiempo que se publicaba evidencia que sugería que los CFC no eran una fuente importante de compuestos clorados. Asimismo, porque la EPA no ha corregido su estudio de costo-beneficio sobre la base de las nuevas investigaciones acerca de las causas de los melanomas. Por último, no dejemos que nuestras acciones sean guiadas en forma errónea por la publicidad, conforme a situaciones alarmistas.

Las consecuencias económicas de estas políticas parecen ser bastante severas. Esto se hará evidente más adelante cuando se trate de reemplazar los CFC en los equipos de aire acondicionado de los automóviles. Deberemos acostumbrarnos a manejar con las ventanas abiertas, ya que los CFC aumentarán su precio a medida que pase el tiempo. Las mejores estimaciones indican que estos cambios tendrán un costo de US\$ 130 billones, sólo en Estados Unidos y aproximadamente US\$ 250 billones a nivel mundial. De igual modo, la modificación de los aire acondicionado de los automóviles se estima tendrá un costo entre US\$ 300 y US\$ 600.

La prohibición de los CFC involucrará en Estados Unidos a 100 millones de refrigeradores caseros, los equipos de aire acondicionado de 90 millones de automóviles y las centrales de aire acondicionado de 100.000 edificios.

Desde la firma del Protocolo de Montreal, el precio de los CFC en Estados Unidos se ha incrementado en cerca de 10 veces y el contrabando de este producto ha aumentado. La industria química está promoviendo el uso de sustitutos más caros y a veces inadecuados y están preocupados de por qué la sustitución está ocurriendo tan lentamente. Esto parece preocupar a una organización basada en Washington: la Alianza para Políticas Responsables en relación a los CFC, que promueve la alarmante disminución del ozono estratosférico y el uso de sustitutos, todo en nombre de la ecología. Curiosamente, esta organización recientemente cambió su nombre a Alianza para Políticas Atmosféricas Responsables, tal vez para esconder el hecho de ser financiados por los fabricantes de sustitutos de CFC. Adicionalmente, están trabajando mano a mano con el Servicio de Impuestos Internos, aconsejando a la población para denunciar las importaciones ilegales de CFC.

Pero la justicia divina no tarda. Los fanáticos ambientalistas, una vez que se deshicieron de los CFC, decidieron que muchos de sus sustitutos también son "enemigos del ozono". Como resultado, la industria está entrando en pánico ante el triste destino de su capital invertido en sustitutos de los CFC.

El bromo es otra sustancia que se cree destruye el ozono. Los compuestos bromados, tales como los halones, son usados en extintores de incendios. De acuerdo a la Administración Federal de Aviación (FDA) no existen sustitutos para aplicaciones aeronáuticas. Por otra parte, el Ministerio de Agricultura advierte que sin el bromuro de metilo, único fungicida actualmente disponible, no será posible controlar plagas en tierras agrícolas y en cosechas para exportación. Sin embargo, la EPA propuso que se prohibiera la producción de halón a contar de 1995 y de bromuro de metilo para el año 2000.

Nuevamente, advertimos poca preocupación por la ciencia. La fuente principal de bromuro de metilo atmosférico es el océano. Además, su tiempo de vida en la atmósfera es sólo de un año, contrario a los CFC que pueden sobrevivir por cientos de años. Mientras las decisiones acerca de los CFC pueden tener consecuencias de largo plazo, las decisiones acerca del bromuro de metilo tendrá consecuencias inmediatas. Si se detecta un problema en relación a este último compuesto y se prohíbe su



producción, su efecto se podrá controlar en un año. Finalmente y lo más importante, no hay ninguna evidencia de un aumento de bromo en la atmósfera en el tiempo. De esta manera, las políticas de la EPA en relación a este compuesto, están basadas enteramente en especulaciones.

El impacto internacional del Protocolo de Montreal es inconveniente para gran parte del mundo. Aquí se está tratando un problema mundial, donde todas las fuentes de halocarburos deberán ser eliminadas para tener éxito. Necesariamente se deberá persuadir a todos los países a cooperar. La carga será muy pesada para los países menos desarrollados. ¿Cómo comparamos estos costos con cualquier posible beneficio?

El diario londinense The Spectator, en su edición del 12 de marzo de 1994 señala "... las consecuencias de la prohibición de los CFC será desastrosa... Los compuestos propuestos para reemplazar los CFC son menos eficientes y algunos de ellos tóxicos, haciendo peligrar la salud de las personas que trabajan en refrigeración. En Africa, la refrigeración salva vidas, no sólo protegiendo los alimentos de la descomposición, sino preservando medicinas, principalmente vacunas. Cualquier cosa que haga la refrigeración más costosa y difícil cobrará vidas en Africa y sumará pobreza; y una mayor pobreza redundará en una mayor destrucción del medio ambiente... De algún modo, es correcto para Occidente beneficiarse de la tecnología moderna, pero eso es equivocado para la gente que vive en Africa y Asia. Es más saludable para los africanos morir en la infancia por agentes "naturales" como la malaria y comida envenenada, que su salud sea protegida en la edad madura por agentes no naturales como los CFC y pesticidas. La premisa sobresaliente de los Verdes es que ellos son ricos. La premisa principal de sus víctimas es que ellos son pobres."

La ironía más amarga, que no se mencionó en este artículo, es que aún si la teoría CFC-ozono fuera correcta, la población de color que vive en los trópicos no obtendría ningún beneficio de la "protección" de la capa de ozono. El adelgazamiento de esta capa se calcula ocurre principalmente en latitudes medias y altas, y los cánceres a la piel están confinados casi exclusivamente a personas de piel blanca. ¿Cuál es el incentivo de las naciones tropicales para eliminar los CFC? Y si no se suman a esta cruzada internacional, ¿valdrá la pena que los países industrializados impongan altos costos a sus ciudadanos para lograr un resultado irrelevante?

La situación actual puede ser resumida como sigue:

- La teoría CFC/ozono es bastante incompleta y no es confiable para hacer predicciones.
- Las fuentes naturales de ozono estratosférico aún no han sido delineadas, ya sea teórica o experimentalmente.
- La disminución teórica del ozono global puede ser sólo un artificio del análisis. Aún si fuera real, su causa puede estar relacionada con la declinación de la actividad solar más que a los CFC.
- El aumento sostenido de melanomas malignos ha existido durante los últimos 50 años y no tiene nada que ver con el ozono o los CFC. La incidencia de tumores benignos a la piel ha sido sobredimensionada.

Es necesario tener en cuenta lo pobre de la evidencia científica respecto al efecto de los CFC. El caso en su contra se basa en la teoría de la destrucción de la capa de ozono, plausible pero muy incompleta, y sin duda muy poco confiable en sus predicciones cuantitativas. Durante la década pasada, los resultados de los estudios de la Academia Nacional de Ciencia han variado mucho. Nuevos resultados científicos de laboratorios y de la estratósfera, aparecen constantemente. La teoría está en un estado próximo a cambiar.

La teoría CFC/ozono no predijo el agujero en la capa de ozono, ni puede dar cuenta de su curso futuro. De acuerdo a informes recientes, se espera la aparición de un agujero de ozono en el Artico, y por implicación, en todo el planeta. Es un pensamiento aterrador e hizo gran impacto en el público y en los gobiernos. Fue probablemente el impulso principal para el Protocolo de Montreal.

Este crecimiento repentino en el agujero de ozono en la Antártica, sin embargo, es simplemente la señal de un mecanismo que nada tiene que ver con el aumento en la concentración de los CFC. Bajo esta hipótesis, la destrucción de la capa de ozono no aumentará.

Por otro lado, si la tendencia del ozono es real, hay muchas explicaciones posibles que no involucran los CFC. Por ejemplo, la declinación de la fuerza del ciclo solar después de 1958, puede dar cuenta de una disminución del ozono. Los ciclos solares han variado en gran medida. En tiempos recientes, el número de manchas solares en el peak del ciclo han sido de 40 (en 1817) y 190 (en 1958). Durante el Mounder Minimum (1645-1715) no hubo manchas solares.

Esto sugiere que podría haber habido cambios sustanciales en el promedio de los niveles de ozono en el pasado. Sería interesante investigar los registros históricos para ver si dan cuenta de consecuencias biológicas en humanos, agricultura o vida marina causada por los bajos niveles de ozono que se observaron alrededor del año 1700.

Una segunda explicación posible para la disminución del ozono podría ser factores humanos distintos de los CFC. Uno de estos factores sería el metano, como se mencionó anteriormente; otro podría ser la aviación comercial, que están penetrando la baja estratósfera cada vez con más frecuencia. Pero la teoría actual no visualiza la destrucción del ozono por estas fuentes.

### III CHILE Y LA CAPA DE OZONO

Chile, al igual que Estados Unidos, firmó la Convención de Viena de 1985, el Protocolo de Montreal en 1987, las Enmiendas de Londres en 1990 y de Copenhagen en 1992. Para cumplir con estos acuerdos, la CONAMA ha desarrollado el "Programa País para la Protección de la Capa de Ozono".

#### 1. CHILE Y EL PROTOCOLO DE MONTREAL

De acuerdo al Protocolo de Montreal, dado que nuestro país tiene un bajo consumo de CFC (menos de 0,2 kg/hab), tenemos 10 años de gracia (hasta 1996) para cumplir con las obligaciones impuestas por el acuerdo y además derecho a acceder a los recursos del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, para financiar los costos incrementales asociados a la conversión tecnológica. Por otra parte, Chile tiene plazo hasta el año 2006 para cesar el consumo de aquellas sustancias que dañan la capa de ozono, tal como los CFC, tetracloruro de carbono y el metilcloroformo, y hasta el año 2003 para eliminar el uso de sustancias, consideradas de transición, por su bajo potencial agotador de ozono, que son aquellas que continen bromo (HCFC).

De esta manera, tomando como base el consumo de HCFC de 1989 y el 2,8% del consumo de CFC de ese mismo año, la reducción debe ser tal que ya el año 1996 se debió haber llegado a los niveles base. El año 2004 dichos niveles deben reducirse en un 35%, el año 2010 en un 65%, el 2015 en un 90%, el 2020 en un 99,5%, para llegar a su eliminación total en 2030.

Dado que en Chile la totalidad de las sustancias a controlar son importadas, algunas de ellas de países que tienen un calendario de reducción de consumo y producción mucho más drástico que el nuestro, nuestro problema sólo se reduce a una reconversión tecnológica y la modificación de algunos procesos productivos.

Los consumos nacionales de sustancias que los compuestos incluidos en el Protocolo de Montreal, en el período 1989 -1994 se muestran en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1**  
**Consumo de compuestos que dañan la capa de ozono**  
**Período 1989 - 1994**

	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>
CFC	916,78	668,87	687,10	583,18	920,35	864,48
HCFC	303,72	321,37	363,25	369,16	324,85	351,93
MCF	216,87	295,81	254,65	345,19	435,95	467,45
CCl4	18,25	7,30	10,30	13,01	5,92	13,31
Bromuro de Metilo	181,14	335,89	256,35	319,48	282,69	198,97
Halones	40,80	14,62	36,27	28,20	32,07	11,63
Otros	30,02	20,87	81,46	43,92	34,46	113,15
Total	1707,58	1664,73	1689,38	1702,14	2036,29	2020,92

De acuerdo al Cuadro N° 1, durante este período el consumo de CFC en Chile se redujo en un 5,7%; el consumo de HCFC aumentó en un 15,9%; de MCF, en un 116%; de Bromuro de Metilo, en un 9,8%; y el consumo de halones se redujo en un 61,26%.

En cuanto a la participación de las distintas actividades en el consumo de estos compuestos, los procesos de refrigeración aportan con más del 50% de ellos, seguidos por las espumas, que contribuyen con un 17%, la agricultura con un 12%, procesos de esterilización con un 5%, y un 15%, debido a otros usos.

En cuanto al bromuro de metilo, el 80% es usado para la fumigación de suelos agrícolas y el 20% restante para fumigar frutas de exportación. Chile deberá congelar el consumo de este fungicida para el año 2000, en función del consumo promedio de los años 1995 y 1998, medida que será revisada durante el año en curso.

## **2. PROGRAMA PAÍS PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO**

Este programa contempla las siguientes acciones principales:

- Campaña de movilización de opinión pública "Los Amigos del Sol", desarrollada en enero y febrero de 1996, con el fin de sensibilizar a la población sobre el problema de la destrucción de la capa de ozono y sus consecuencias.
- Implementación de un sello ozono, ligado a la campaña de movilización de opinión pública, como incentivo adicional para que las empresas procedan a la reconversión, permitiendo al público consumidor discriminar prontamente qué productos no son dañinos para la capa de ozono.
- Subsidio para adaptación de procesos y conversión tecnológica de aquellas actividades que utilizan los compuestos descritos anteriormente.

Este subsidio será entregado a entidades legalmente establecidas, priorizando aquellos proyectos que tengan bajo costo de inversión y signifiquen reducciones drásticas en el consumo de compuestos con contenido de cloro y bromo que dañen la capa de ozono.

- Cursos de entrenamiento en el uso de nuevas tecnologías y optimización de procesos existentes, en las áreas de espumas flexibles, refrigeración y conversión de cámaras de esterilización para el sector hospitalario.

Para ello, la CONAMA dispone para 1997, de un presupuesto de US\$ 600 mil. Si bien este presupuesto no es muy significativo, la participación relativa de Chile en el eventual problema producido por los CFC y los bromuros en la capa de ozono es muy baja, por lo que los resultados de este programa, además de tener un alto costo social, ya

que afecta directamente a la agricultura, refrigeración doméstica, industrial y para efectos de medicamentos, entre otros, serán irrelevantes e imperceptibles, tanto a nivel regional como mundial.

De esta manera, sería de mucho más conveniente en términos sociales usar estos recursos en otros programas medio ambientales. Con ellos, por ejemplo, se podrían dar de baja 600 autos viejos, altamente contaminantes, que afectan directamente la salud de la población de la Región Metropolitana.

#### Referencias:

Fred Singer, "The Greenhouse Debate Continued".  
Fred Singer, "Falsedades Ambientales".  
Roger Revelle, Fred Singer, Chaucey Star - "What to do about Greenhouse Warming: Look before you Leap".  
Fred Singer: Lecture at St. Vicent College, February 1, 1995  
The Samsung Quarterly, 1995 Autumn. Candance C. Crandall: "Ozone and Skin Cancer".  
Fred Singer: "What would be causing global ozone depletion?"  
CONAMA: Programa país para la protección de la capa de ozono. Julio, 1996.